

Zeitschrift: Die Schweiz = Suisse = Svizzera = Switzerland : offizielle Reisezeitschrift der Schweiz. Verkehrszentrale, der Schweizerischen Bundesbahnen, Privatbahnen ... [et al.]

Herausgeber: Schweizerische Verkehrszentrale

Band: 57 (1984)

Heft: 5: Mit Dampf = Panache de la vapeur = A vapore! = Under steam!

Artikel: Die Wundermaschine = La machine miracle

Autor: Lang, Norbert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-775430>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

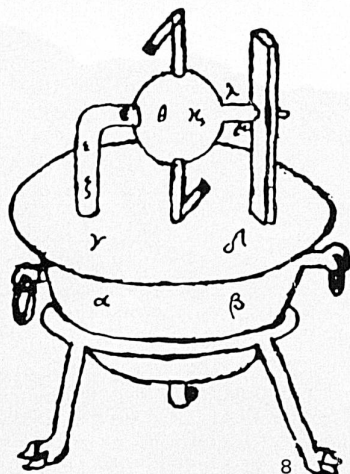
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Wundermaschine

Norbert Lang



8 Am Beginn der Geschichte der Dampfmaschine steht die rotierende Dampfugel des Heron von Alexandrien um 120 v. Chr., eine frühe Vorläuferin der heutigen Dampfturbine: der Dampfstrahl, der aus abgewinkelten Düsen austritt, setzt die Kugel in rasche Drehbewegung

8 L'histoire de la machine à vapeur commence vers 120 av. J.-C. par la sphère à vapeur rotative de Héron d'Alexandrie,engin précurseur de notre turbine à réaction: un jet de vapeur sortant des gicleurs fait tourner la sphère à toute vitesse

8 La storia della macchina a vapore inizia con l'eolipila ideata verso il 120 a. C. da Erone d' Alessandria: si tratta di un mulinello a vapore costituito da un recipiente sferico con due uscite tubolari per il vapore, ripiegate ad angolo retto

8 The history of the steam engine began with the rotating globe of Hero of Alexandria about 120 BC, an early forerunner of the modern steam turbine. The steam jet emerging from the bent nozzles sets the globe in rapid rotation

«Hier ist sie, die vortrefflichste aller Maschinen! Es gibt keine andere, deren Mechanismus dem der Lebewesen näher käme. Ursache ihrer Bewegung ist die Wärme. Diese erzeugt in ihren Röhren eine Zirkulation, gleich derjenigen des Blutes in den Adern,

mit Klappen, die sich im richtigen Moment öffnen und schliessen; so atmet sie selbstständig in regelmässigem Rhythmus und gewinnt daraus alles, was sie zur Erhaltung ihrer Arbeitskraft braucht.»

Der französische Ingenieur *Belidor* beschrieb dermassen begeistert seine erste Begegnung mit einer Dampfmaschine. Und dies im Jahre 1739!

Geht es uns nicht allen ähnlich? Obwohl auf unseren Eisenbahnen seit Jahrzehnten keine Dampflokomotive mehr regelmässig verkehrt, schlägt unser Puls sofort rascher, wenn wir je eine der wenigen erhalten gebliebenen Maschinen, fauchend und zischend, zu Gesicht bekommen.

Mit der Dampfmaschine schuf sich der Mensch zum ersten Mal eine Kraftquelle, welche unabhängig von Wasserläufen und Küstenwinden der aufstrebenden Industrie jederzeit die benötigte Energie zum Antrieb von Spinnmaschinen, Webstühlen, Mühlen, Walz- und Sägewerken und anderen Arbeitsgeräten zu liefern vermochte. Dass diese Maschine nicht einfach plötzlich da war, sondern in einem viele Jahrhunderte dauernden Prozess schrittweise erschaffen werden musste, soll nachstehend dargelegt werden.

Was ist Dampf

Mit Dampf, oder genauer gesagt mit Wasserdampf, bezeichnet man den gasförmigen Zustand des Wassers. Dieser wird erreicht durch Energiezufuhr mittels Erhitzen, also beispielsweise beim Kochen in der Pfanne auf dem Herd. Das Volumen (der Rauminhalt) wird dabei ganz beachtlich vergrössert. Verdampft man beispielsweise 1 Liter Wasser vollständig durch Sieden bei normalem Luftdruck, so entstehen 1700 Liter Dampf! Dies erklärt, weshalb bei starkem Kochen die Küche rasch mit Dampf gefüllt ist.

Erhitzt man Dampf in einem verschlossenen Gefäss weiter, so steigen Temperatur und Druck stark an. Dies geschieht sowohl im Dampfkochtopf wie auch im Dampfkessel. Um eine Explosion zu vermeiden, haben beide Einrichtungen ein sogenanntes Sicherheitsventil, welches die Druckerhöhung auf ein zulässiges Mass begrenzt.

Die so im Dampf gespeicherte Energie kann in einer Maschine in mechanische Arbeit umgewandelt werden. Dazu gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten:

1. Der Dampf wirkt in einem Zylinder auf einen beweglichen Kolben, welcher die Kraft auf eine Kurbel überträgt (Prinzip der Kolbendampfmaschine).

2. Dampf kann sich aber auch in einer Düse entspannen, dann entsteht eine hohe

Strahlgeschwindigkeit. (Dies geschieht in der Dampfturbine.)

Soweit unser kleiner physikalischer Abstecher.

Von der Muskelkraft zur Maschine

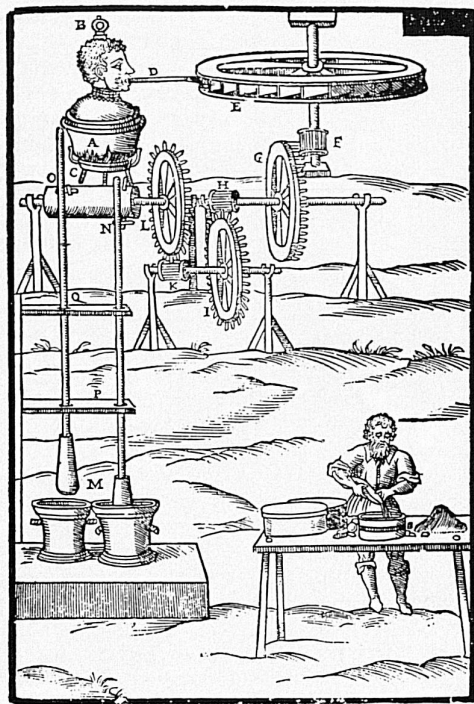
«Watt erfand die Dampfmaschine und Stephenson die Lokomotive.» Mit diesem lapidaren Satz wird in manchen Schulbüchern das Zeitalter der Industrialisierung eingeleitet. In Wirklichkeit umfasst die Geschichte der Dampfmaschine einen Zeitraum von 2000 Jahren. Ähnlich einem Puzzlespiel mussten zuerst die einzelnen Elemente und Gesetze der Natur entdeckt, erforscht und begriffen werden, ehe es gelang, eine funktionsfähige Maschine zu konstruieren.

Die Technik ist so alt wie die Menschheit selbst. Damit der Mensch sich in der rauen Natur behaupten konnte, musste er sich Werkzeuge und Waffen schaffen, fehlende Kraft und mangelnden Körperschutz mit dem Geist wettmachen. So lernte er allmählich, zur Ergänzung seiner eigenen Kräfte sich die Kräfte der Natur dienstbar zu machen. Vom Zugtier bis zur Ausnützung der Wind- und Wasserkräfte für Mühlen und Schöpfwerke vergingen viele Jahrtausende. Der Dampf hat bereits die Griechen fasziniert. Sie glaubten, alles in der Natur mit den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer erklären zu können. So war es für viele selbstverständlich, dass, wenn man Wasser und Feuer zusammenbrachte, eben Luft (d. h. Dampf) entstehen musste.

Fortgeschrittene Geister benutzten solche Kenntnisse, um Experimente durchzuführen und spielzeugähnliche Apparate zu konstruieren.

Heron von Alexandrien, der um 150 v. Chr. lebte, schuf die rotierende Dampfugel, eine frühe Vorläuferin der heutigen Reaktionsturbine (8).

Eine andere Anwendung des Dampfes, welche schon im Altertum bekannt war und bis ins 17. Jahrhundert Verwendung fand, war der Dampfbläser. Er bestand aus einem verschliessbaren Gefäss, in welches Wasser eingefüllt werden konnte. Stellte man dieses Gefäss in die warme Glut eines Kohlebeckens oder Cheminées, so entwickelte sich Dampf, welcher durch eine kleine Öffnung austreten konnte. Sobald man diesen Dampfstrahl in die Glut richtete, wurde das Feuer angefacht. Durch die hohe Strahlgeschwindigkeit wurde Luft mitgerissen und in die Glut geblasen.

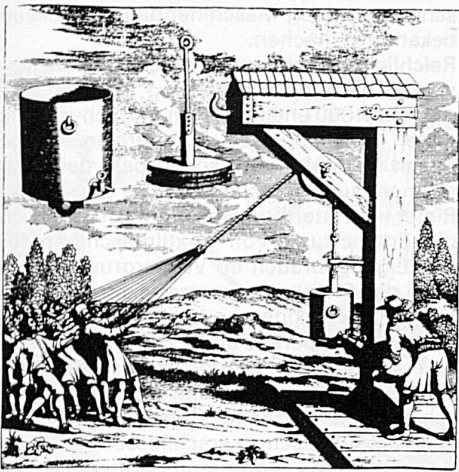


9 Pulverstampe mit Turbinenantrieb von Branca, 1629

9 Le broyage de la poudre au moyen de turbines, imaginé par Branca en 1629

9 Mortaio mosso da una turbina, ideato da G. Branca nel 1629

9 Pestle with turbine drive by Branca, 1629



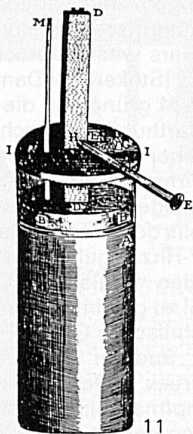
10

10 Otto von Guericke bewies 1672, dass der atmosphärische Luftdruck eine Kraft zu erzeugen imstande ist, die an Stärke die menschliche weit übertrifft.

10 En 1672, Otto von Guericke démontra que la pression atmosphérique était capable d'engendrer une force qui surpasse de beaucoup celle de l'homme.

10 Nel 1672, Otto von Guericke dimostrò che la pressione atmosferica è in grado di sviluppare una forza ben superiore a quella dell'uomo.

10 Otto von Guericke proved in 1672 that atmospheric pressure can generate a force far beyond the limits of human strength.



11

11 Denis Papin konstruierte 1690 diesen Vorläufer der atmosphärischen Dampfmaschine. Wurde der mit Dampf gefüllte Zylinder A abgekühlt, entstand darin ein Vakuum. Der äussere Luftdruck presste nach Lösen der Klinke E den Kolben B in den Zylinder zurück

11 Denis Papin construisit, en 1690, cet appareil qui est le précurseur de la machine à vapeur atmosphérique. Quand on remplissait de vapeur le cylindre A, il s'y formait un vide. Après le dégagement du cliquet E, la pression atmosphérique extérieure ramenait le piston B à sa position initiale

11 Denis Papin costruì nel 1690 questo modello precursore della macchina a vapore con scarico nell'atmosfera. Il cilindro A, riempito di vapore, veniva raffreddato e all'interno si formava un vuoto. Dopo lo scatto della leva E, la pressione atmosferica esterna spingeva indietro il pistone B nel cilindro

11 Denis Papin designed this forerunner of the atmospheric steam engine in 1690. When the steam cylinder A was cooled, a vacuum was created in it. The pressure of the atmosphere then pressed the piston B back into the cylinder as soon as pawl E was released

Als interessante, aber eher spielerische Anwendungsmöglichkeiten ergaben sich daraus die turbinengetriebene Pulverstampe von Brunca 1629 (9) sowie die Idee eines Fahrzeugs mit Düsenantrieb von s'Gravesande.

Die erste tatsächlich funktionierende Wärmekraftmaschine war die Kanone, erfunden im 14. Jahrhundert. Zahlreich waren denn auch die Bemühungen, die Gewalt der Pulverexplosion in einer Antriebsmaschine zu zähmen. Da Schiesspulver jedoch zu gefährlich und zu unberechenbar schien, erinnerte man sich des Dampfes.

Auch Leonardo da Vinci (1452–1519), der berühmte Architekt, Künstler und Ingenieur, experimentierte mit Dampf. Er war der erste, dem es gelang, das aus einer bestimmten Wassermenge entstehende Dampfvolumen näherungsweise zu bestimmen.

Leonardo prüfete auch mit einer Dampfkanone (Architronito), die er wie folgt schildert: «Eine Pfanne voll glühender Kohlen erhitzt die Ladekammer einer bronzenen Kanone. Wenn man Wasser durch das Zündloch einspritzt, wird es augenblicklich in so viel Dampf verwandelt, dass es wunderbar erscheint, ganz besonders, wenn man seine Gewalt sieht und das Getöse hört, mit dem eiserne Kugeln weggeschleudert werden». Ferner beschreibt Leonardo eine «Feuermaschine zum Heben von Lasten».

Die atmosphärische Dampfmaschine

Gegen Ende des 17. Jahrhunderts waren endlich die wissenschaftlichen Fundamente gelegt, auf denen die erste praktisch verwendbare Dampfmaschine errichtet werden konnte.

Otto von Guericke (1601–1686), während des Dreissigjährigen Krieges Bürgermeister der Stadt Magdeburg, hatte die Luftpumpe verbessert und Studien über das Leere (das Vakuum) getrieben. Es gelang ihm zu beweisen, dass die seit Aristoteles herrschende «Angst vor dem Leeren» unbegründet war. Überzeugend wirkten Guericke's Versuche mit den sogenannten Magdeburger Halbkugeln. Er bewies damit, dass nicht nur mit Überdruck, sondern auch mit Unterdruck (Luftleere, Vakuum) Kräfte erzeugt werden können (10).

Der Franzose Denis Papin (1647–1712), dem sowohl die Erfindung des Dampfkochtopfes als auch die des Sicherheitsventils zu verdanken sind, stellte das Vakuum durch Kondensation (Abkühlung) von Dampf her. Wenn nämlich Wasserdampf genügend stark abgekühlt wird, verwandelt er sich in Wasser zurück unter entsprechender Volumenabnahme.

Papin erhitzte zu diesem Zweck Wasser in einem Zylinder, der oben durch einen beweglichen Kolben abgeschlossen war. Durch die Ausdehnung des Dampfes wurde der Kolben nach oben bewegt, wo er durch eine einrastende Klinke festgehalten wurde. Wurde der Zylinder anschliessend wieder abgekühlt, so entstand im Innern ein Unterdruck. Sobald die Klinke gelöst wurde, drückte der äussere Luftdruck den Kolben wieder an seinen Ausgangspunkt zurück (11). Nun ging es nur noch darum, diesen Prozess in regemässigen Zyklus zu wiederholen.

Diese Aufgabe löste Thomas Newcomen

(1663–1729). Statt jedoch wie Papin mit Modellen zu arbeiten, schuf Newcomen mächtige, haushohe Maschinen. Für diese Maschinenkonstruktion bestand indessen ein unmittelbarer Bedarf. Die Schächte in den englischen Kohlegruben mussten je länger, je tiefer gegraben werden, um ergiebige Flöze abbauen zu können. Diese Tiefe verunmöglichte jedoch praktisch, das eindringende Grundwasser mit herkömmlichen Mitteln hinauszuschaffen. Es brauchte bald mehr Hände, die Wasser schöpften, als solche, die Kohle ausbringen konnten. Eine Maschine, welche im Dauerbetrieb Wasserpumpen anzutreiben vermochte, war somit höchst willkommen. Die Gleichzeitigkeit einer brauchbaren Idee und eines vorhandenen Bedarfs führte zum Erfolg der Maschine von Newcomen (12, 13).

Folgerichtig erkannte Newcomen, dass Dampfkessel und Zylinder voneinander zu trennen waren.

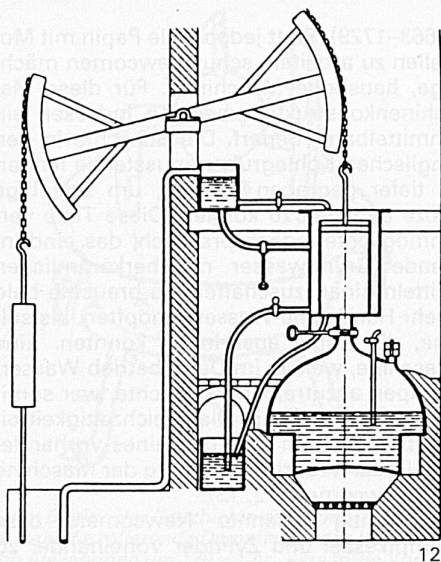
Dem Zylinder wurde abwechslungsweise Dampf und Kaltwasser zugeführt. Durch den Dampf wurde der Kolben gehoben. Mittels Wassereinspritzung wurde dann der Dampf kondensiert, also ein Vakuum erzeugt. Hierauf presste der atmosphärische Luftüberdruck den Kolben wieder nach unten. Daher rührt auch die Bezeichnung atmosphärische Maschine. Durch abwechslungsweise Öffnen und Schliessen des Dampf- bzw. Wasserhahns hob oder senkte sich der Kolben etwa alle drei bis vier Sekunden. Die Maschine produzierte also etwa 10 Hübe pro Minute. Über einen grossen waagrechten Doppelhebel in Form eines Balkens, dem sogenannten Balancier, wurde die Kolbenbewegung auf die Wasserpumpe übertragen. Später gelang es, die Bewegung der Hähne mit einem geeigneten Mechanismus vom Balancier aus direkt zu steuern.

Es war eine solche Newcomen-Maschine, welche Belidor zur eingangs zitierten Lobeshymne anregte. Allerdings waren Leistung und Wirkungsgrad dieser Ungetüme noch sehr bescheiden. Böse Zungen behaupteten, um ein Bergwerk mit einer solchen Maschine wirksam entwässern zu können, müsse, um genügend Kohle herbeischaffen zu können, flugs daneben ein zweites Bergwerk eröffnet werden.

Watt und die Nachfolger

Dem Schotten James Watt (1736–1819) gelang es, die atmosphärische Dampfmaschine entscheidend zu verbessern (14). Er erkannte die Ursache des hohen Brennstoffverbrauchs: Durch die abwechselnde Erwärmung und Abkühlung des Arbeitszylinders ging ein grosser Wärmeanteil ungenutzt verloren. Watt trennte deshalb Zylinder und Kondensator voneinander. Auf diese Weise konnte der Zylinder stets heiss und der Kondensator kühl gehalten werden. Mit dieser Massnahme, auf die Watt 1769 ein Patent erhielt, konnte die Wirtschaftlichkeit erheblich gesteigert werden. Allein für diese Erfindung gebührt Watt unvergänglicher Beifall.

Bei diesem Schritt liess es Watt jedoch nicht bewenden. Indem er den Zylinder oben verschloss und den Dampf mit geringem Überdruck abwechslungsweise oben und unten einströmen liess, schuf er die doppelt wirkende Maschine. Diese vermochte bei glei-



Die atmosphärische Dampfmaschine von Thomas Newcomen um 1712 war die technische Anwendung von Papins Erfindung. Sie diente dazu, Wasser aus Kohlengruben zu pumpen.

12 Im Kessel A erzeugter Dampf hebt im nach oben offenen Zylinder B den Kolben C. Durch anschliessende Wassereinspritzung entsteht ein Vakuum, so dass der Luftdruck den Kolben C wieder nach unten presst und über den Balancier D das Pumpengestänge E anhebt. Der Vorgang wiederholt sich.

13 Das Bild vermittelt einen Eindruck der Grösse der Maschine von Newcomen, die zwar die Höhe eines dreistöckigen Hauses erreichte, aber nur eine bescheidene Leistung von 10 bis 20 PS erzeugte

La machine à vapeur atmosphérique de Thomas Newcomen en 1712 fut une application technique de l'invention de Papin. Elle servait à pomper l'eau hors de la mine de charbon.

12 La vapeur produite dans la chaudière A soulève le piston C logé dans le cylindre B dont le sommet est ouvert. Une injection d'eau froide ayant produit un vide, la pression atmosphérique fait redescendre le piston C, qui entraîne avec lui le balancier D, lequel soulève la tige de pompe E. Le procédé est répétitif.

13 L'illustration suggère les énormes dimensions de la machine de Newcomen, qui était aussi haute qu'une maison de trois étages mais qui ne produisait qu'une force mécanique de 10 à 20 ch

La scoperta di Papin trovò applicazione tecnica nella macchina con scarico nell'atmosfera, ideata da Thomas Newcomen verso il 1712, che sfruttava l'espansione e la successiva condensazione del vapore. Essa serviva a pompare l'acqua dalle miniere di carbone.

12 Il vapore prodotto nella caldaia A solleva lo stantuffo C nel cilindro B, aperto verso l'alto. Mediante successiva immissione di acqua si forma un vuoto e la pressione atmosferica spinge di nuovo verso il basso lo stantuffo C sollevando, attraverso il bilanciere D, il tirante di pompaggio E. L'operazione viene ripetuta.

13 L'illustrazione può dare un'idea delle dimensioni della macchina di Newcomen che, pur sfiorando l'altezza di una casa di tre piani, forniva una modesta potenza variante da 10 a 20 CV

The atmospheric steam engine of Thomas Newcomen dating from about 1712 was the technical application of Papin's invention. It was used for pumping water out of coal-mines.

12 Steam generated in boiler A pushes up piston C in cylinder B, which is open at the top. Water is then injected into the cylinder and creates a vacuum, so that the pressure of the atmosphere forces piston C down again and raises pump linkage E by way of balancing beam D. The cycle then recommences.

13 This drawing gives some idea of the size of Newcomen's engine, which was as tall as a three-storey house but generated only 10 to 20 horsepower

chen Abmessungen die doppelte Leistung zu erbringen. Gegenüber der Newcomen-Maschine betrug die Leistungssteigerung sogar das 10- bis 20fache. Gleichzeitig ging der Kohlenverbrauch auf einen Viertel zurück. Weitere Schöpfungen Watts betrafen die Geradföhrung der Kolbenstange durch Parallelgramm-Lenker, die Umsetzung der hin- und hergehenden Kolbenbewegung in eine Drehbewegung sowie die automatische Drehzahlregelung (Patent von 1788). Mit diesen Verbesserungen liess sich die Dampfmaschine nicht mehr allein zum Wasserpumpen, sondern auch zum Antrieb von Textilmaschinen, Mühlen und Hochofengebläsen verwenden. Der raschen Verbreitung über den europäischen Kontinent war keine Grenze gesetzt. Watt ist auch die Festsetzung der Pferdestärke (PS) als Leistungsmass zu verdanken. Zu seinen Ehren wird entsprechend die moderne Einheit mit «Watt» bezeichnet.

Nachdem im Jahre 1800 die Watt-Patente erloschen waren, machten sich viele Bastler, Erfinder, aber auch eine grosse Zahl von Firmen hinter den Bau von Dampfmaschinen für die verschiedensten Anwendungszwecke. Mit Watt war also die Entwicklung der Dampfmaschine keineswegs abgeschlossen.

Nächste Schritte, die seine Nachfolger realisierten, waren die Hochdruckmaschine, die Mehrzylindermaschine und die Verbundmaschine. Die Erhöhung des Dampfdruckes erlaubte, die Abmessungen der Maschine bei gleicher Leistung wesentlich zu verkleinern. Dazu mussten allerdings vorher bessere Werkstoffe gefunden und allgemeine Regeln für die Dimensionierung geschaffen werden. Die Dampfmaschine wurde zum Studienobjekt für die nun zahlreich geschaffenen technischen Fach- und Hochschulen. Mehrzylinderige Maschinen erlaubten einen gleichmässigeren Gang und grössere Rotationsgeschwindigkeiten. Dies waren, nebst kompakterer Bauweise, die Voraussetzungen, um die Dampfmaschine erfolgreich zum Antrieb von Verkehrsmitteln zu nutzen. Zuerst kam sie im Dampfschiff zur Anwendung.

Robert Fulton bewies 1807 die praktische Brauchbarkeit. Nach ersten Erfolgen in der Binnenschifffahrt gelang 1819 die erste Atlantiküberquerung mit Dampf.

Nach Vorarbeiten von Trevithik und Hedley bauten Vater und Sohn Stephenson 1829 die berühmte «Rocket», die erste erfolgreiche Dampflokomotive. Innert wenigen Jahrzehnten überzog ein Netz von Eisenbahnen sämtliche Kontinente. Die Eisenbahn wurde zum Symbol für die Überwindung von Raum und Zeit mit Hilfe des Dampfes.

Schweizerische Leistungen im Dampfmaschinenbau

Auf den ersten Blick mag es erstaunen, dass die Schweiz, als rohstoffarmes Land und ohne eigene Kohlevorkommen, im Dampfmaschinenbau Weltgeltung erlangen konnte.

Tatsache ist, dass durch die Dampfmaschine manche pittoreske Gegend unseres Landes einem breiten Publikum erst zugänglich wurde. Dies trug wesentlich dazu bei, sowohl unsere Landschaft als auch den

schweizerischen Maschinenbau im Ausland bekannt zu machen.

Reichlich vorhandene Wasserkräfte begünstigten die Industrialisierung unseres Landes. Um 1800 entstanden in der Schweiz die ersten mechanischen Spinnereien. Einige davon widmeten sich schon bald dem Maschinenbau. So Escher-Wyss in Zürich und Rieter in Winterthur. Stand am Anfang noch die Entwicklung von Textilmaschinen für den Eigengebrauch im Vordergrund, folgte bald die Erzeugung ganzer Fabrikanlagen für dritte, inklusive Antrieb. So baute Escher-Wyss bereits ab 1837 Dampfmaschinen sowie auch Dampfschiffe. Noch vor dem Eisenbahnbau gelang es dem Dampfschiff, viele reizvolle Gegenden unseres Landes touristisch zu erschliessen.

Der aus Zürich stammende Johann Georg Bodmer (1786–1864) befasste sich schon um 1840 in England mit dem Textilmaschinen-, Werkzeugmaschinen- und Kraftmaschinenbau. Ganz besonders widmete er sich der Entwicklung rasch laufender, sparsamer Dampfmaschinen. Zum vollständigen Ausgleich der hin- und hergehenden Massen sah er zwei gegenläufige Kolben pro Zylinder vor und wandte dieses Prinzip sowohl bei stationären Maschinen als auch bei Schiffmaschinen und Lokomotiven an. Im weiteren experimentierte Bodmer mit veränderlicher Dampfexpansion zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Dampfmaschinen. Dazu entwickelte er spezielle Schiebersteuerungen mit variablen Dampfeinlass- und Austrittszeiten. Eine weitere Erfindung Bodmers war die mechanische Rostbeschickung (Stoker) bei Dampfkesseln.

Im Jahre 1834 gründeten die Gebrüder Sulzer in Winterthur eine mechanische Werkstätte mit einer Eisengiesserei. Bereits 1841 baute die Firma den ersten Dampfkessel für eine Heizanlage. Bald darauf wandte man sich ebenfalls dem Dampfmaschinenbau zu. J. J. Sulzer-Hirzel gelang es, als Chefkonstrukteur den Engländer Charles Brown (1827–1905) zu gewinnen. Brown entpuppte sich als technisches Genie. Er brachte auch Ideen von Bodmer aus England in die Schweiz zurück. Unter Brown erlangten die Sulzer-Dampfmaschinen Weltruf. Zu seinen Schöpfungen gehört die erste Ventildampfmaschine von 1865, die sich heute im Deutschen Museum in München befindet. Neben stationären Dampfmaschinen, welche allmählich bis zu Leistungen von 6000 PS weiterentwickelt wurden, begann Sulzer ab 1867 mit dem Bau von Dampfschiffen und Schiffsmaschinen. Praktisch alle heute auf Schweizer Seen noch verkehrenden Dampfschiffe weisen schrägliegende Zweizylinder-Verbundmaschinen Sulzerscher Bauart auf (20).

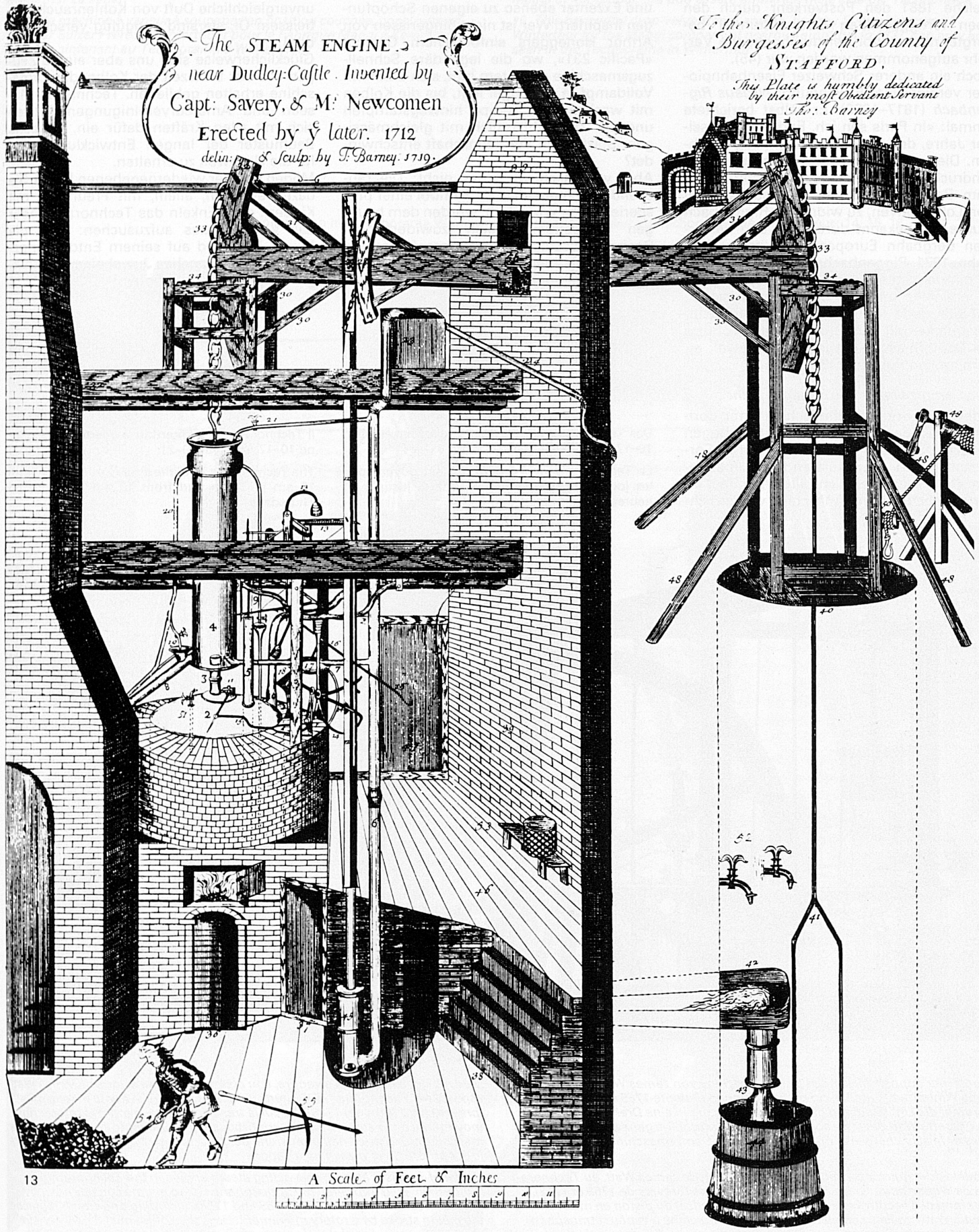
Die wirbelnden Kurbeln und Exzenter bieten ein Schauspiel dar, welches die Passagiere stets zu fesseln vermag (69). Im Technorama in Winterthur sind mehrere Sulzer-Dampfmaschinen zu sehen, darunter eine liegende stationäre Ventilmaschine (15, 16) sowie eine stehende Schiffmaschine (19).

1871 gründete Charles Brown die Schweizerische Lokomotivfabrik in Winterthur. Dort wurden unter seiner Leitung Zahnrad-Dampflokomotiven, Dampftrams sowie Haupt- und Nebenbahnlokomotiven gebaut. Besondere Berühmtheit erlangte damals die

The STEAM ENGINE
 near Dudley-Castle. Invented by
 Capt: Savery, & M: Newcomen
 Erected by y later. 1712
 delin. & sculp. by T. Barneij. 1719.

To the Knights Citizens and
 Burgesses of the County of
 STAFFORD.

This Plate is humbly dedicated
 by their most Obedient-Servant
 Tho: Barneij



A Scale of Feet & Inches

kleine zweiachsige Lokomotive Nr.11 der Gotthardbahn (heute im Verkehrshaus), welche 1881 den Postverkehr durch den eben fertiggestellten Gotthardtunnel besorgte, noch bevor der durchgehende Verkehr aufgenommen worden war (45).
 Noch ein anderer Schweizer Eisenbahnpionier verdient hier Erwähnung: *Niklaus Riggenbach* (1817–1899). Er selbst berichtete einmal: «In Paris sah ich, Ende der dreissiger Jahre, den ersten Eisenbahnzug abfahren. Dies machte auf mich einen so tiefen Eindruck, dass ich mir fest vornahm, mich dem Bau von Eisenbahnmaterial, speziell von Lokomotiven, zu widmen.» Riggenbach wurde weltbekannt durch den Bau der ersten Bergbahn Europas, der Vitznau-Rigi-Bahn, 1871. Riggenbachs Zahnradlokomotive mit dem stehenden Kessel («Badeofen») ist ebenfalls im Verkehrshaus ausgestellt. Ihr Bild zierte letztes Jahr die 80-Rappen-Briefmarke. Mit der Zahnradbahn erschloss die Dampfmaschine auch die Bergwelt einem breiten Publikum (57).

Das Dampfzeitalter aus heutiger Sicht

Indem sie ihre Dampfmaschinen mit dorischen Säulen und gotischen Spitzbogen verzieren, wollten die Ingenieure einst Formensinn und Kunstverstand dokumentieren. Doch waren es nicht allein die Techniker, welche die Dampfmaschine verherrlich-

ten. Poeten, Maler und Musiker wurden vom rhythmischen Kräftespiel der Kurbeln und Exzenter ebenso zu eigenen Schöpfungen inspiriert. Wer ist nicht hingerissen von Arthur Honeggers sinfonischem Gedicht «Pacific 231», wo die legendäre Schnellzugmaschine erst Atem holt, sich dann mit Volldampf in die Zügel legt, bis die Kolben mit wachsendem Tempo hinwegstampfen und der Zug schliesslich mit gleichmässigem Stakkato in der Landschaft entschwindet?

Aber vergessen wir eines nicht: Die rauchenden Schloten, damals Symbol einer prosperierenden Wirtschaft, würden dem heutigen Umweltbewusstsein zuwiderlaufen. Deshalb musste die Kolbendampfmaschine abtreten. Ob uns dies gleichgültig lässt oder ob wir es bedauern: Die heroische Epoche

der oszillierenden Pleuelstangen, die Kinetik der gusseisernen Schwungräder, der unvergleichliche Duft von Kohlenrauch und heissem Öl, sie sind endgültig verschwunden!

Glücklicherweise sind uns aber einige Zeugen aus der Blütezeit der Kolbendampfmaschine erhalten geblieben. Technische Museen und Amateurr Vereinigungen setzen sich mit allen Kräften dafür ein, typische Baumuster der langen Entwicklungsreihe für die Nachwelt zu erhalten.

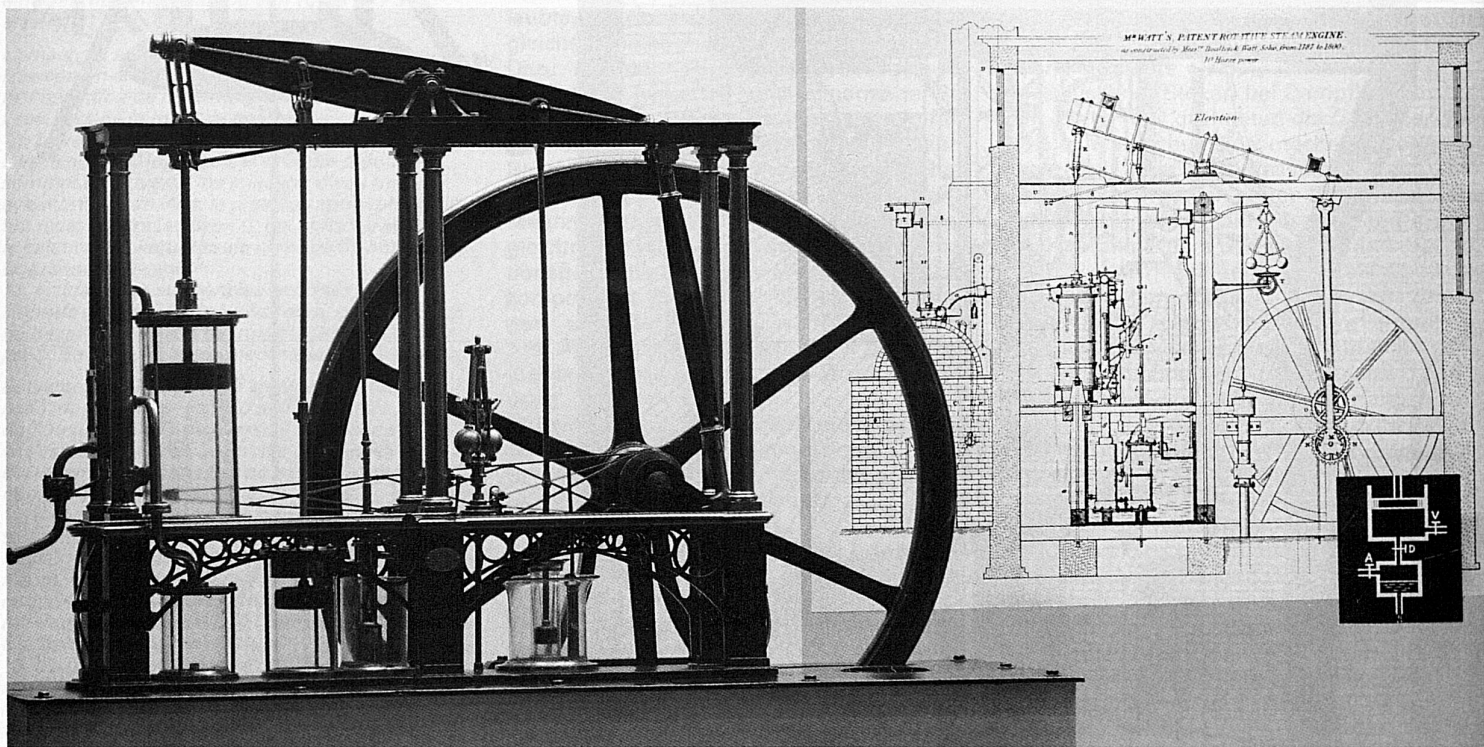
Mögen die hier wiedergegebenen Bilder Sie dazu verlocken, allein, mit Freunden, mit Kindern oder Enkeln das Technorama oder das Verkehrshaus aufzusuchen: Wer die Musse hat, wird auf seinem Entdeckungsrundgang so manches Juwel einer verklungenen Epoche wiederfinden!

Das Technorama Winterthur ist geöffnet: täglich 10–17 Uhr; Dienstag bis 21 Uhr

Le Technorama de Winterthur est ouvert tous les jours de 10 à 17 heures (mardi jusqu'à 21 heures)

Il Technorama di Winterthur è aperto: ogni giorno 10–17; martedì 10–21.

The Technorama in Winterthur is open daily from 10 am to 5 pm and from 10 am to 9 pm on Thursdays.



Modell der doppelt wirkenden Dampfmaschine von James Watt im Technorama Winterthur. Durch mehrere Erfindungen (Patente 1769 und 1788), darunter die Umwandlung der Kolbenbewegung in eine Drehbewegung, verbesserte Watt die atmosphärische Dampfmaschine ganz entscheidend, so dass er fälschlicherweise oft als Erfinder der Dampfmaschine genannt wird

Modèle de la machine à vapeur à double action de James Watt, au Technorama de Winterthur. Grâce à plusieurs inventions (brevets de 1769 et 1788), notamment à la conversion du mouvement vertical du piston en mouvement rotatif, Watt améliora de manière décisive la machine à vapeur atmosphérique, de sorte qu'il est souvent désigné à tort comme l'inventeur de la machine à vapeur

Modello della macchina a vapore, con pistone a doppia azione di James Watt, esposto nel Technorama di Winterthur. Grazie alle sue svariate invenzioni (brevetti del 1769 e del 1788), fra cui la trasformazione in moto rotatorio del movimento dello stantuffo, Watt contribuì al miglioramento sostanziale della macchina con scarico nell'atmosfera, per cui è spesso ritenuto erroneamente lo scopritore della macchina a vapore

Model of James Watt's double-acting steam engine in the Technorama, Winterthur. Watt improved the atmospheric steam engine considerably by several inventions (patented in 1769 and 1788), including one which replaced the piston stroke by a rotary movement. He is thus often mistakenly considered as the inventor of the steam engine

15 Diese liegende Ventil-Dampfmaschine, von Gebrüder Sulzer Winterthur 1871 für die Firma Maggi in Kempththal gebaut, ist jetzt im Technorama Winterthur zu sehen

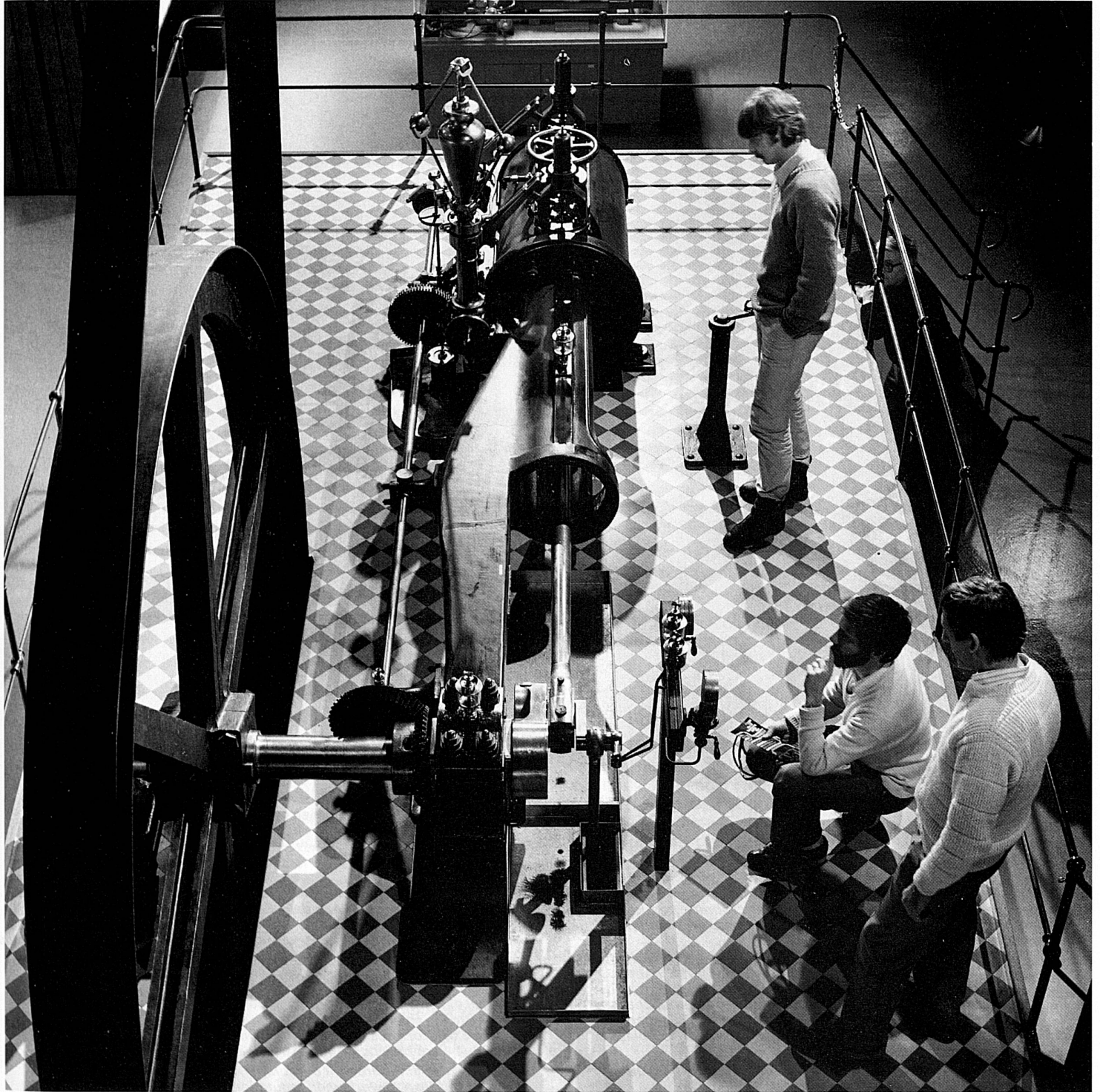
15 Cette machine à vapeur à soupapes en position couchée, construite en 1871 par Sulzer Frères à Winterthour pour la Fabrique Maggi à Kempththal, se trouve maintenant au Technorama à Winterthour

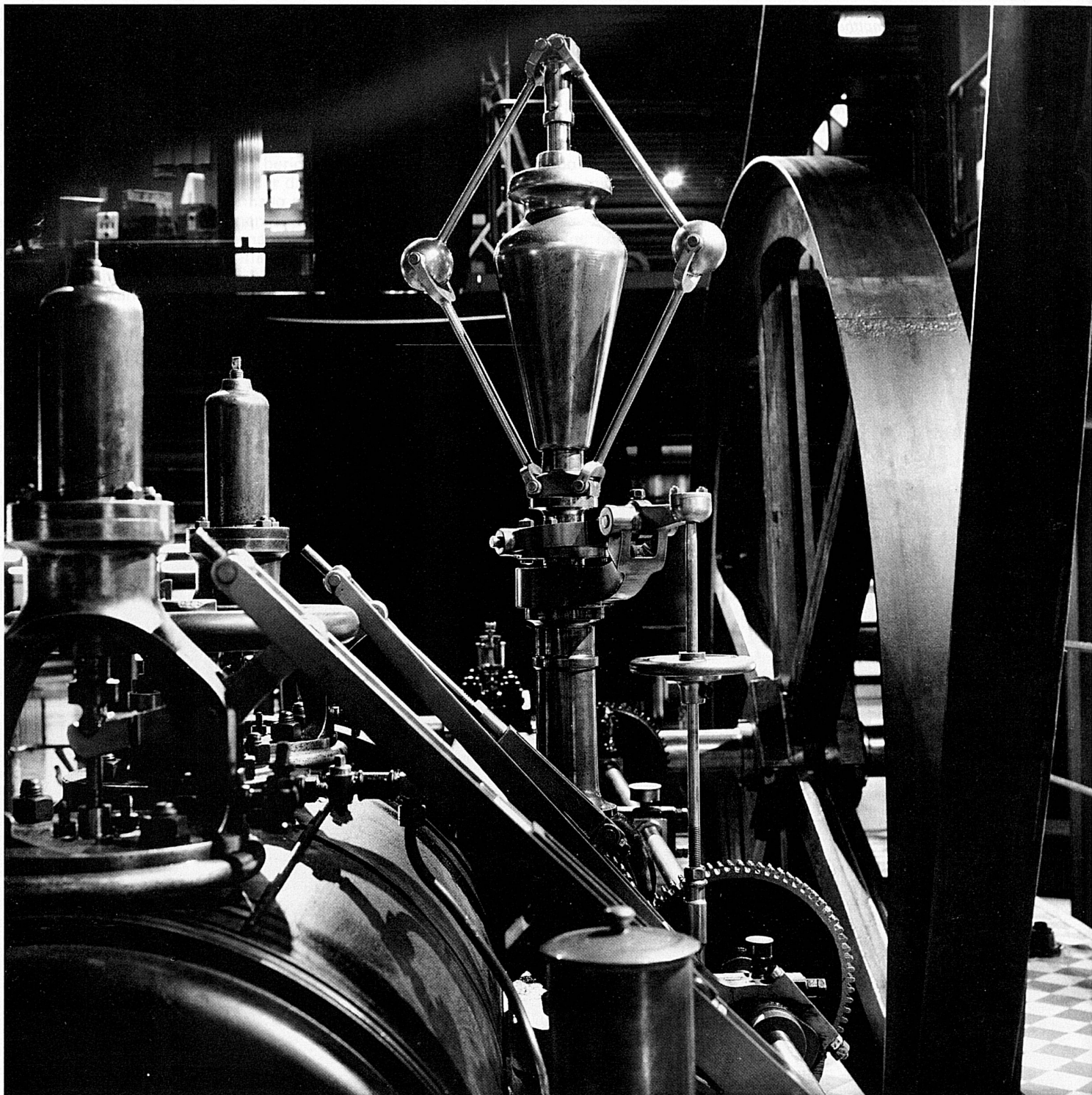
15 Questa macchina a vapore orizzontale con distribuzione a valvole, costruita dalla ditta Fratelli Sulzer di Winterthur nel 1871 per conto della ditta Maggi di Kempththal, ora può essere ammirata nelle sale del Technorama

15 This horizontal drop-valve steam engine, built by Sulzer Brothers of Winterthur for the Maggi company at nearby Kempththal in 1871, can now be seen in the Technorama in Winterthur

Dampfmaschinen im Technorama Winterthur / Machines à vapeur au Technorama de Winterthour: 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23

15





16

16 Detail der Ventil-Dampfmaschine im Technorama. Charles Brown, Chefkonstrukteur der Gebrüder Sulzer, schuf 1865 die berühmte Ventilsteuerung für Dampfmaschinen. Diese Präzisionssteuerung ersetzte die vorher übliche Schiebersteuerung.

Sulzer-Dampfmaschinen machten die Firma, die in diesem Jahr ihr 150jähriges Bestehen feiert, in der ganzen Welt bekannt

16 Détail d'une machine à vapeur à soupapes, au Technorama. Charles Brown, chef de fabrication de Sulzer Frères, inventa en 1865 l'appareil à soupapes pour machines à vapeur. Cet appareil de précision remplaça la soupape à tiroir en usage jusqu'alors.

Les machines à vapeur ont propagé dans le monde entier le nom de l'industrie Sulzer, qui fête cette année son 150^e anniversaire

16 Particolare della macchina a vapore con distribuzione a valvole. Nel 1865 Charles Brown, ingegnere capo della Fratelli Sulzer, creò il sistema di distribuzione a valvole per macchine a vapore che divenne famoso in tutto il mondo. Questa guida di precisione sostituì la vecchia distribuzione a cassetto. Le macchine a vapore Sulzer diedero fama mondiale alla ditta, che quest'anno festeggia il suo 150^o di fondazione

16 Detail of the drop-valve steam engine in the Technorama, Winterthur. Charles Brown, chief designer of the Sulzer company, introduced this precision valve control system for steam engines in 1865. It replaced the slide valves that were previously in general use.

Sulzer steam engines brought the company, which celebrates its 150th anniversary this year, a worldwide reputation

La machine miracle

«... Voilà la plus merveilleuse de toutes les machines, ... il n'y en a point dont le mécanisme ait plus de rapport avec celui des animaux. La chaleur est le principe de son mouvement; il se fait dans ses différents tuyaux une circulation comme celle du sang

dans les veines, avec des valvules qui s'ouvrent et se ferment à propos; elle se nourrit, s'évacue d'elle-même dans des temps réglés, et tire de son travail tout ce qu'il lui faut pour subsister.»

C'est ainsi que l'ingénieur français *Belidor* décrivait avec enthousiasme sa première rencontre avec une machine à vapeur. Cela se passait en 1739!

Est-ce bien différent pour nous? Depuis plusieurs dizaines d'années aucune locomotive ne circule plus sur nos chemins de fer, mais lorsque, parmi celles que le progrès a épargnées, nous en apercevons une qui avance en haletant et en sifflant, nous voilà entièrement captivés par ce spectacle.

La machine à vapeur a pour la première fois ouvert à l'homme une source d'énergie indépendante des cours d'eau et des vents. Elle offrait à l'énergie naissante, quel que fût le temps, la force motrice nécessaire pour actionner les métiers à filer et à tisser, les moulins, les laminoirs, les scieries et encore bien d'autres appareils de travail. Mais cette machine n'a pas surgi tout à coup: elle est l'aboutissement d'un long processus qui a duré des siècles, comme nous allons le rappeler brièvement.

Qu'est-ce que la vapeur?

On désigne sous le nom de vapeur, ou plus exactement de vapeur d'eau, l'état gazeux de l'eau. Celui-ci est obtenu par un apport d'énergie dû au chauffage, par exemple en faisant bouillir de l'eau dans une casserole sur un foyer. Il en résulte une augmentation considérable du volume de l'eau. En portant un litre d'eau au plus haut point d'ébullition dans des conditions normales de pression atmosphérique, on obtient 1700 litres de vapeur! Cela explique pourquoi, par une forte cuisson, une cuisine semble en peu de temps remplie de vapeur.

Si l'on continue à chauffer la vapeur dans un récipient fermé, la température et la pression s'élèvent considérablement. Cela se produit aussi bien dans la marmite autoclave que dans une chaudière à vapeur. Pour éviter qu'elles n'exploient, toutes deux sont dotées d'une soupape de sûreté qui maintient l'augmentation de la pression dans des limites tolérables.

L'énergie ainsi accumulée dans une machine peut être transformée en travail mécanique suivant deux processus différents:

1. La vapeur concentrée dans un cylindre agit sur un piston mobile qui transmet la force motrice à un essieu (principe de la machine à vapeur à pistons).
2. La vapeur peut se déconcentrer dans une tuyère; elle produit alors une vitesse de radiation élevée, comme dans la turbine à vapeur.

De la force musculaire à la machine

«Watt inventa la machine à vapeur et Stephenson la locomotive.» C'est par cette formule lapidaire que l'ère industrielle est annoncée dans de nombreux manuels scolaires. En réalité, l'histoire de la machine à vapeur a duré deux millénaires. Comme dans un jeu de puzzle, il a fallu d'abord découvrir, explorer et comprendre les diverses lois et conditions naturelles, avant de pouvoir construire une machine capable de fonctionner.

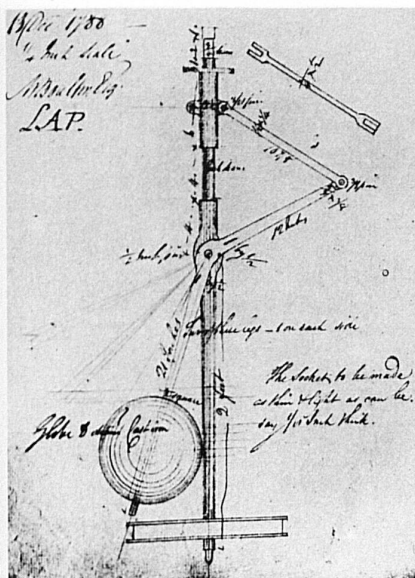
La technique est aussi ancienne que l'humanité. Pour pouvoir subsister au sein d'une nature inhospitalière, l'homme a dû créer des outils et des armes. C'est grâce à son esprit qu'il a pu compenser la force et la résistance corporelles qui lui faisaient défaut. Il a appris ainsi à se servir des forces de la nature pour compléter celles de son propre corps. Des millénaires se sont écoulés entre la domestication des animaux de trait et celle des vents et des cours d'eau qui ont fait tourner les moulins et les machines hydrauliques.

Les Grecs déjà étaient fascinés par la vapeur. Ils croyaient que toute la nature pouvait être ramenée à quatre éléments: la terre, l'eau, l'air et le feu. Ainsi beaucoup trouvaient tout à fait naturel que l'eau mise en contact avec le feu pût produire de l'air, c'est-à-dire de la vapeur.

Des esprits avancés utilisaient même ces notions pour réaliser des expériences et pour construire des engins qui n'étaient encore que des jouets. C'est ainsi que *Héron d'Alexandrie*, qui vivait vers l'an 150 avant J.-C., inventa une sphère à vapeur tournante, qui est l'ancêtre de notre turbine à réaction (8).

Une autre utilisation de la vapeur, connue déjà dans l'Antiquité et restée en usage jusqu'au XVII^e siècle, était le soufflet à vapeur. Il consistait en un récipient fermé que l'on pouvait remplir d'eau. Si l'on plaçait ce récipient dans la braise brûlante d'un brasier ou d'une cheminée, il s'y formait de la vapeur qui pouvait sortir par un petit orifice. Il suffisait alors de diriger le jet de vapeur vers la braise pour attiser le feu, l'air étant entraîné par la vitesse de radiation élevée et soufflé contre la braise.

On en appliqua le principe à des inventions intéressantes mais de caractère plutôt ludique, tel que le broyage de la poudre à l'aide de turbines imaginé par Branca en 1629 (9) ou l'idée de s'Gravesande d'un véhicule propulsé par réaction.



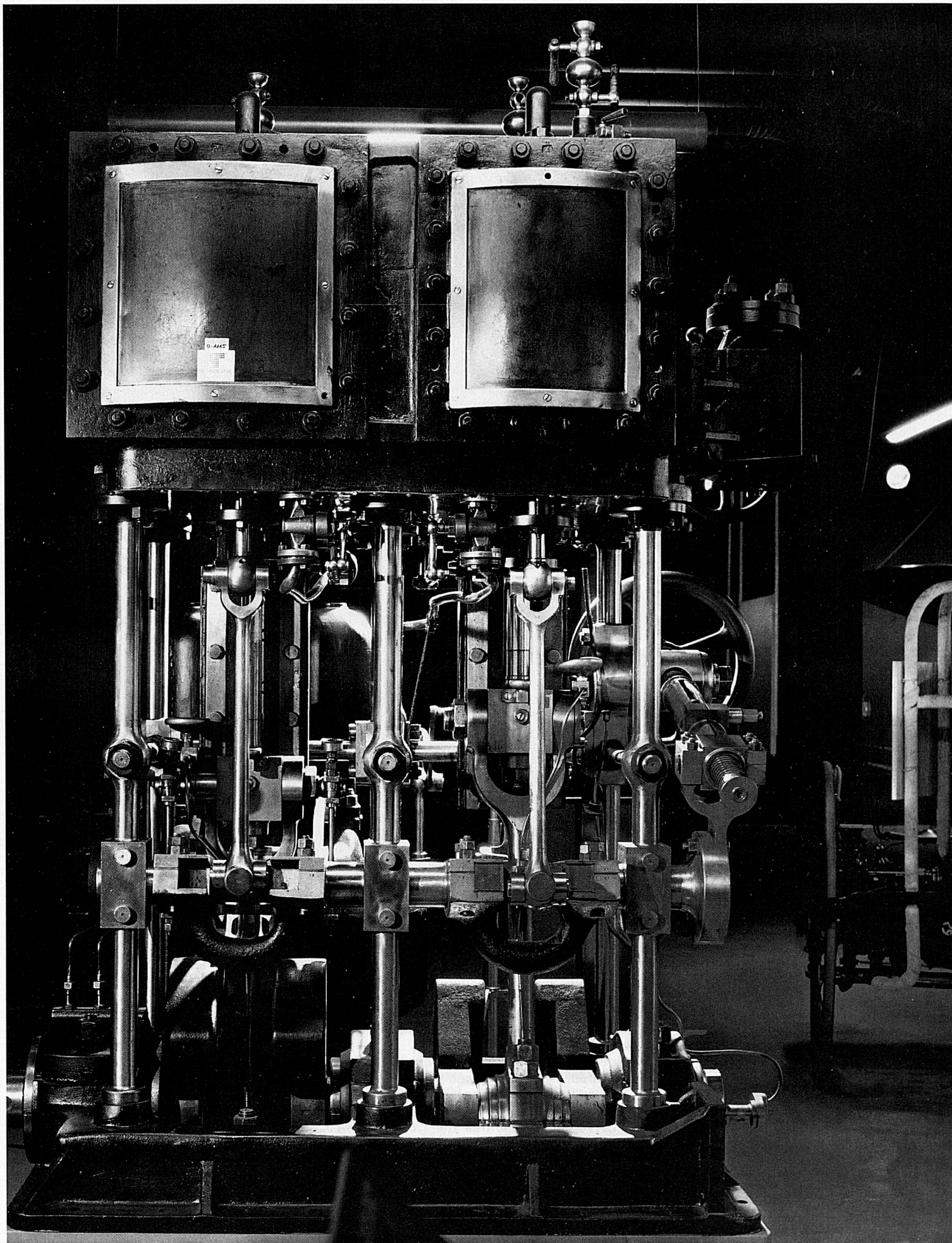
17 Um den Gang der Dampfmaschine der wechselnden Belastung automatisch anzupassen, schlug James Watt 1788 den Fliehkraftregler vor. Dieser einfache Mechanismus besteht im Prinzip aus zwei gelenkig um eine vertikale Achse rotierenden, kugelförmigen Schwungmassen. Bei steigender Drehzahl drückt die Fliehkraft diese Schwungmassen zunehmend nach aussen. Über ein Gestänge wird dadurch das Zuleitungsventil für den Dampf so weit geschlossen, bis Gleichgewicht zwischen der benötigten und der tatsächlichen Leistung besteht

17 En vue de l'adaptation automatique de la machine à vapeur à des charges variables, James Watt proposa en 1788 le régulateur centrifuge. Ce dispositif très simple consiste, en principe, en deux masses sphériques, en rotation souple autour d'un axe vertical. Au moyen d'une vitesse de rotation croissante, la force centrifuge pousse les masses de plus en plus vers l'extérieur. La soupape conductrice de vapeur est alors fermée par un système de tringles, jusqu'à ce que la force effective équivaille à la force requise

17 Per adeguare automaticamente il movimento della macchina a vapore alla pressione variabile, James Watt nel 1788 propose la costruzione del regolatore centrifugo. In via di principio, questo semplice meccanismo è composto di due masse attive, formate da sfere di estrema, ruotanti in modo articolato attorno ad un asse verticale. Con l'aumento dei giri, la forza centrifuga spinge sempre più verso l'esterno queste masse attive. Attraverso un sistema di tiranteria, la valvola di regolazione chiude il flusso di vapore fino a stabilire l'equilibrio fra la potenza necessitata e quella effettiva

17 With a view to adapting the steam engine automatically to fluctuating loads, James Watt proposed the use of a centrifugal governor in 1788. This simple mechanism consists in principle of two heavy balls attached by links to a vertical rotating shaft. As the speed of rotation of the shaft rises, centrifugal force causes the balls to move outwards. A further linkage thereby closes the steam admission valve progressively until a balance is attained between the output of the engine and the power actually required





L'illustre *Leonard de Vinci* (1452–1519), qui était à la fois architecte, peintre et ingénieur, s'adonna également à des expériences avec la vapeur. Il fut le premier qui parvint à évaluer approximativement le volume de la vapeur produite par une quantité d'eau déterminée.

Il fit aussi des essais avec un canon à vapeur (architrone) qu'il décrit ainsi: «Une poêle remplie de charbons ardents chauffe le chargeur d'un canon de bronze. Si l'on verse de l'eau par l'orifice d'allumage, elle est aussitôt convertie en vapeur, et c'est une merveille de voir avec quelle puissance, et d'entendre avec quel vacarme, les boulets de fer sont projetés au loin.» Léonard décrit aussi une «machine à feu servant de monte-charge».

La machine à vapeur atmosphérique

Vers la fin du XVII^e siècle on disposait enfin des bases scientifiques qui allaient permettre de pouvoir construire la première machine à vapeur vraiment utilisable.

Otto de Guericke (1601–1686), bourgmestre de la ville de Magdebourg pendant la guerre de Trente Ans, avait amélioré la pompe à air et fait progresser les études sur le vide (vacuum). Il parvint à prouver que «l'angoisse du vide», issue de l'enseignement d'Aristote, n'était pas fondée. Ses expériences avec les hémisphères de Magdebourg furent probantes. Il put ainsi démontrer que non seulement la surpression, mais aussi la dépression (le vide, vacuum) pouvaient engendrer de l'énergie (10).

Le Français *Denis Papin* (1647–1712), à qui l'on doit l'invention de la marmite autoclave ainsi que celle de la soupape de sûreté, produisit le vide par la condensation (refroidissement) de la vapeur. Si l'on refroidit suffisamment la vapeur d'eau, celle-ci se convertit de nouveau en eau, avec une diminution correspondante de volume.

A cet effet, Papin chauffa de l'eau dans un cylindre fermé au sommet par un piston mobile. L'expansion de la vapeur soulevait le piston qu'un cliquet maintenait alors dans sa position. Lorsque le cylindre se refroidissait de nouveau, il se formait à l'intérieur une dépression de sorte que la pression d'air extérieure ramenait le piston à sa position initiale (11). Il ne s'agissait plus, dès lors, que de provoquer la répétition du processus à intervalles réguliers.

Ce fut l'Anglais *Thomas Newcomen* (1663–1729) qui s'en chargea. Mais au lieu de travailler sur des modèles, comme Papin, il construisit de puissantes machines hautes comme des maisons. Or, pour une telle construction de machines, il existait alors une demande. Plus on forait de puits dans les mines de charbon anglaises, plus il fallait creuser en profondeur pour y découvrir des filons rentables. Cette profondeur était telle qu'elle empêchait d'évacuer, avec les moyens dont on disposait alors, l'eau de la nappe phréatique qui s'infiltrait. Pour finir, il fallait plus de bras pour puiser l'eau que pour extraire le charbon. Une machine capable d'actionner des pompes à eau en permanence devait donc être tout à fait bienvenue. La coïncidence entre une idée réalisable et un besoin existant assura le succès de la machine de Newcomen (12, 13).

Celui-ci s'avisa alors d'une conséquence lo-

gique: il fallait que la chaudière et le cylindre fussent séparés l'un de l'autre. On introduirait alternativement dans le cylindre de la vapeur et de l'eau froide. La vapeur souleverait le piston. Ensuite, une injection d'eau froide ferait se condenser la vapeur, ce qui produirait un vide, de sorte que la surpression atmosphérique ramènerait le piston vers le bas. C'est de là que vient l'expression «machine atmosphérique». En ouvrant et en fermant alternativement le robinet de la vapeur ou celui de l'eau, le piston se soulevait ou s'abaissait toutes les trois à quatre secondes, effectuant ainsi une dizaine de courses par minute. Un grand levier double horizontal en forme de solive – le balancier – transmettait alors le mouvement du piston à la pompe à eau. Plus tard, il fut possible de régler le mouvement des robinets directement à partir du balancier au moyen d'un mécanisme approprié.

C'est cette machine Newcomen qui avait inspiré à Belidor le dithyrambe que nous avons cité au début. Toutefois les performances et l'efficacité de ces monstres étaient encore des plus modestes. De mauvaises langues prétendaient même que, pour assécher convenablement une mine avec une pareille machine, il fallait ouvrir à côté une seconde mine pour lui procurer le charbon nécessaire.

Watt et ses successeurs

L'Écossais *James Watt* (1736–1819) réussit à améliorer d'une manière décisive la machine à vapeur atmosphérique (14). Il reconnut la cause de la consommation considérable de combustible: une énorme quantité de chaleur était perdue par l'effet du réchauffement et du refroidissement alternatifs du cylindre. C'est pourquoi il sépara le cylindre du condensateur. On pouvait ainsi maintenir la chaleur du premier et garder le second au froid. Cette invention, pour laquelle Watt obtint un brevet en 1769, augmenta considérablement la rentabilité de la machine et assura à son inventeur une célébrité impé-

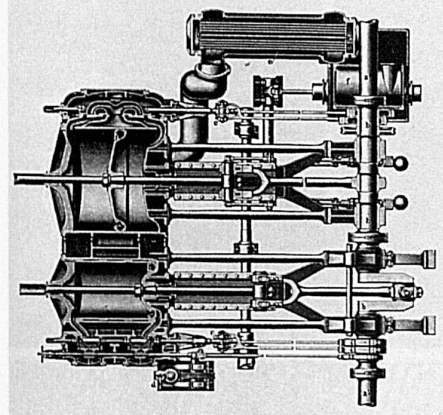
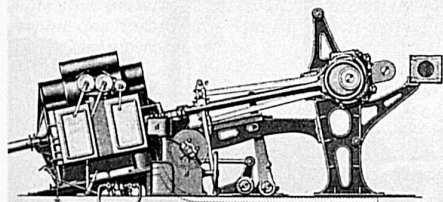
risable. Mais Watt ne se contenta pas de ce progrès. En fermant le sommet du cylindre et en laissant la vapeur s'infiltrer tout à tour en haut et en bas par une légère surpression, il créa la machine à double action qui permettait, avec les mêmes dimensions, de doubler les performances de sorte que, comparée à celle de Newcomen, sa machine devenait même dix à vingt fois plus productive, tandis que, simultanément, la consommation de charbon était réduite à un quart. D'autres inventions ultérieures de Watt concernent la glissière de la tige de piston avec guidage en parallélogramme, la conversion du mouvement de navette du piston en un mouvement rotatif, et le réglage automatique de la vitesse de rotation.

Grâce à ces améliorations, on pouvait utiliser désormais la machine à vapeur pour actionner des machines textiles, des moulins, des souffleries de hauts fourneaux. Aussi leur propagation à travers l'Europe fut-elle rapide et ne connut plus de limites. On est en outre redevable à Watt de la définition du cheval-vapeur (ch) comme mesure de puissance, et l'unité moderne est nommée «watt» en son honneur.

La protection assurée sur les brevets Watt

19 Stehende 2-Zylinder-Verbunddampfmaschine der ehemaligen Dampfschwalbe mit Schraubenantrieb «Lützelau» auf dem Zürichsee, jetzt im Technorama.

20 Schräg liegende 2-Zylinder-Verbunddampfmaschine zum Antrieb eines Raddampfers



19 Machine compound à deux cylindres en position verticale de l'ancien vapeur à hélice «Lützelau» sur le lac de Zurich, maintenant au Technorama.

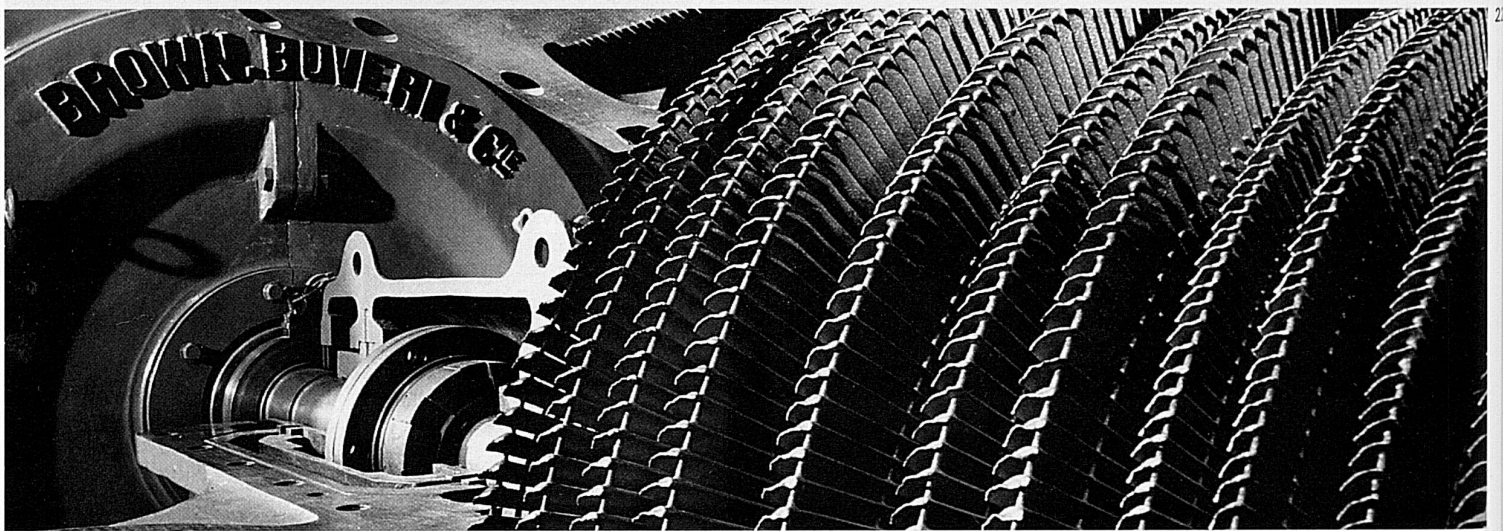
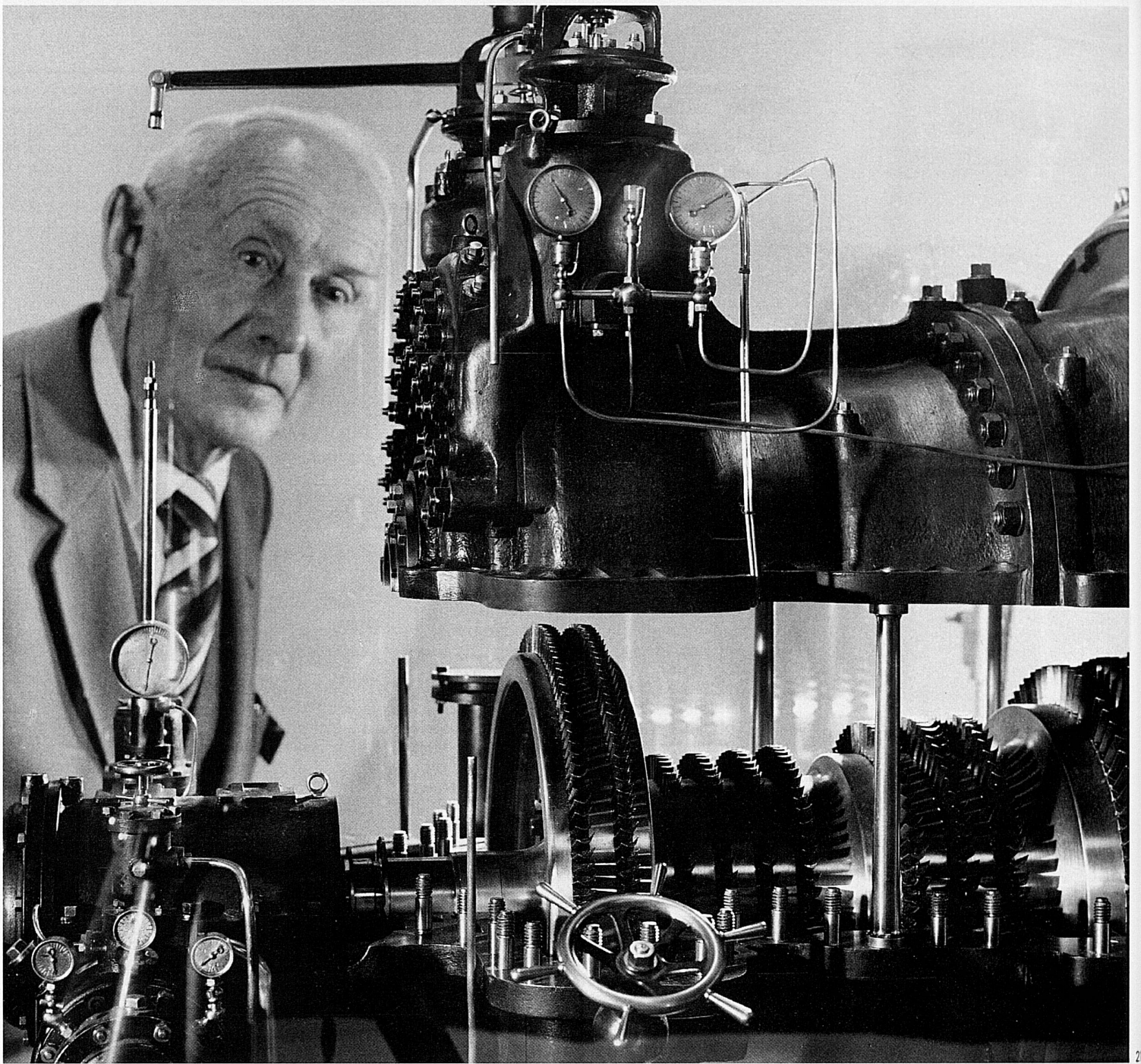
20 Machine à vapeur compound à deux cylindres en position oblique pour la propulsion d'un bateau à aubes

19 Macchina a vapore compound verticale, a due cilindri, dell'ex battello a vapore «Lützelau», con propulsione a vite, che circolava sul lago di Zurigo; la macchina ora è esposta nel Technorama.

20 Macchina a vapore compound obliqua, a due cilindri, per la propulsione di un battello a pale

19 Vertical two-cylinder compound steam engine of the "Lützelau", a screw-propelled steamer formerly in service on the Lake of Zurich; the engine is now in the Technorama.

20 Inclined two-cylinder compound steam engine used for the propulsion of a paddle steamer



Die Kolbendampfmaschine wurde durch die Dampfturbine abgelöst. Thermische Kraftwerke (auch Kernkraftwerke) wenden noch heute die Dampftechnik an zur Erzeugung elektrischer Energie: Dampf von sehr hohem Druck und mehrere 100 Grad heiss wird in vielstufigen Turbinen entspannt.

Im Technorama befinden sich verschiedene Dampfturbinen, als Modelle (21) und im Original in geöffnetem Zustand (22).

23 Dampfturbinen höchster Leistung besitzen meterlange Schaufeln. Eine einzige Dampfturbine ist heute in der Lage, eine Leistung zu erzeugen, welche der gesamten Leistung aller Dampfmaschinen der Welt im Jahre 1850 entspricht. Im Bildhintergrund die Photographie des Rotors einer von BBC nach den USA gelieferten Dampfturbine

La machine à vapeur à pistons a été évincée par la turbine à vapeur. Les centrales thermiques, y compris les centrales atomiques, se servent encore aujourd'hui de la technique de la vapeur pour la production du courant électrique: la vapeur à très haute pression et d'une chaleur de plusieurs centaines de degrés est dépressurisée dans des turbines à plusieurs paliers. On peut voir au Technorama différentes turbines à vapeur sous forme de modèles (21) mais aussi des originaux ouverts (22).

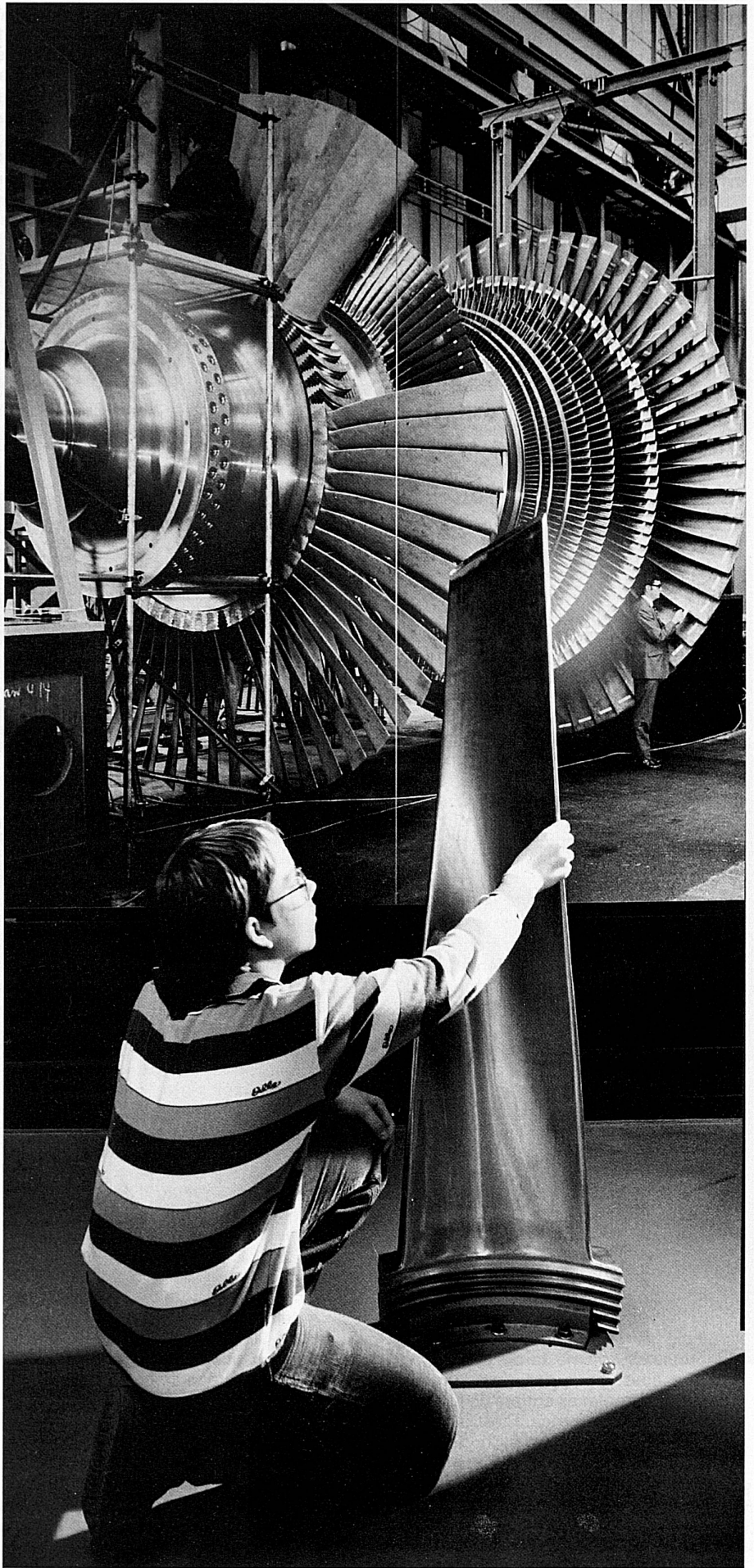
23 Des turbines à vapeur de grande puissance sont dotées de palettes mesurant plusieurs mètres. Une seule turbine à vapeur d'aujourd'hui est capable de développer une puissance équivalente à celle de toutes les machines à vapeur du monde en 1850. A l'arrière-plan, la photographie du rotor d'une turbine à vapeur livrée par Brown Boveri aux Etats-Unis

La macchina a vapore con pistoni venne sostituita dalla turbina a vapore. Le centrali termiche (anche quelle nucleari) applicano tuttora la tecnica a vapore nella produzione di energia: il vapore ad altissima pressione e con una temperatura di parecchie centinaia di gradi viene scaricato nelle turbine a più stadi. Il Technorama presenta svariate turbine, sia sotto forma di modelli (21) che di originali in spaccato (22).

23 Le turbine a vapore di massima potenza sono dotate di palette alte più di un metro. Oggigiorno, una sola turbina a vapore è in grado di sviluppare una potenza pari a quella prodotta da tutte le macchine a vapore esistenti nel 1850 in tutto il mondo. Nella foto si vede, sullo sfondo, il rotore di una turbina a vapore fornita dalla BBC agli Stati Uniti

The reciprocating steam engine was gradually replaced by the steam turbine. Thermal power stations (including nuclear stations) still use steam power for generating electricity, steam at very high pressure and temperature being expanded in multistage turbines. Several steam turbines are exhibited in the Technorama, either as models (21) or in their original form with casing removed (22).

23 High-capacity steam turbines have blades a metre or so in length. A single steam turbine can today generate as much power as all the steam engines in the world in 1850. In the background is a photograph of the rotor of a steam turbine supplied to the United States by the Brown Boveri company



ayant pris fin en 1800, une multitude d'inventeurs et de bricoleurs ainsi qu'un grand nombre d'industries se mirent à construire des machines à vapeur à des destinations de tout genre. L'essor de la machine à vapeur n'avait donc pas pris fin avec celle de Watt. D'autres inventeurs créèrent successivement la machine à haute pression, celle à cylindres multiples, la machine compound. L'augmentation de la pression de vapeur permettait de réduire considérablement les dimensions de la machine en maintenant le même rendement. Encore fallait-il auparavant trouver de meilleurs matériaux et élaborer des règles générales de dimensionnement. C'est ainsi que la machine à vapeur devint un sujet d'étude dans les nombreuses écoles et universités techniques nouvellement créées.

On pouvait obtenir, avec des machines à plusieurs cylindres, un rythme plus régulier et des vitesses de rotation plus élevées. Telles étaient les conditions préalables – outre une construction plus compacte – d'une utilisation adéquate de la machine à vapeur pour la propulsion de véhicules, qui trouva sa première application dans le bateau à vapeur.

C'est Robert Fulton qui, en 1807, en fit le premier la démonstration. Après quelques succès initiaux dans la navigation fluviale, la première traversée de l'Atlantique au moyen de la vapeur eut lieu en 1819.

Enfin en 1829 – les travaux de pionnier de Trevithick et de Hedley ayant ouvert la voie – les deux *Stephenson* père et fils construisirent la célèbre «rocket», la première locomotive à vapeur. En quelques décennies tous les continents furent recouverts d'un réseau de voies ferrées et le chemin de fer devint, grâce à la vapeur, le symbole de la maîtrise de l'espace et du temps.

Performances suisses dans la construction de machines à vapeur

On peut à première vue s'étonner que la Suisse, pays pauvre en matières premières et dépourvu de gisements de charbon, ait pu conquérir une place éminente dans la construction de machines à vapeur.

Il en est pourtant ainsi: grâce à la machine à vapeur, maintes régions pittoresques de notre pays ont été rendues accessibles à un large public, ce qui a contribué d'une manière essentielle à faire connaître au loin à la fois les paysages et les machines suisses.

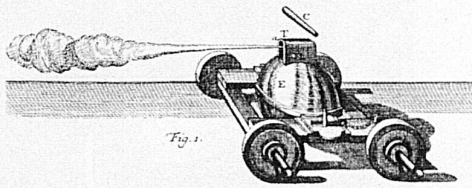
La force hydraulique abondante a grandement favorisé l'industrialisation de notre pays. Vers 1800 les premières filatures mécaniques suisses furent créées. Certaines ne tardèrent pas à se consacrer aussi à la fabrication de machines, comme Escher-Wyss à Zurich et Rieter à Winterthour.

Si, au début, la production de machines textiles destinées à l'entreprise même était prédominante, on ne tarda pas ensuite à produire aussi pour des tiers; on fournit même des complexes entiers de fabriques y compris la force motrice. C'est ainsi qu'Escher-Wyss fabriqua déjà à partir de 1837 des machines et des bateaux à vapeur. Déjà avant l'apparition du chemin de fer, les bateaux à vapeur ont fait connaître aux premiers touristes de magnifiques régions de notre pays.

Johann Georg Bodmer (1786–1864), origi-

naire de Zurich, s'initia vers 1840 en Angleterre à la construction de machines-outils et de machines motrices. Il imagina un jeu de deux pistons par cylindre qui compensait totalement le mouvement de navette des masses en marchant en sens contraire, et il appliqua ce principe tant aux machines fixes qu'à celles des bateaux et des locomotives. Il fit également des expériences dans le champ de l'expansion variable de la vapeur, en vue d'améliorer la rentabilité des machines à vapeur et mit au point, en outre, des soupapes à tiroir avec des temps d'alternance variable d'admission et d'éjection de la vapeur.

En 1834 les frères *Sulzer* fondèrent à Winterthour des ateliers mécaniques ayant leur propre fonderie. Ils construisirent déjà en 1841 la première chaudière à vapeur pour une installation de chauffage, puis se vouèrent à la construction de machines à vapeur.



Idee eines Fahrzeugs mit Düsenantrieb von s'Gravesande, 1742

L'idée de s'Gravesande en 1742: un véhicule propulsé par réaction

J. J. Sulzer-Hirzel engagea alors comme chef de fabrication l'Anglais *Charles Brown* (1827–1905) qui fit sans tarder preuve de capacités géniales. Brown eut même le mérite de ramener certaines idées de Bodmer d'Angleterre en Suisse. Sous sa direction, les machines à vapeur Sulzer acquirent une renommée mondiale. Parmi ses inventions, il faut citer la première machine à vapeur à soupape de 1865, qui se trouve aujourd'hui au «Deutsches Museum» à Munich. A côté des machines à vapeur fixes, dont la puissance fut élevée graduellement jusqu'à six mille chevaux, Sulzer commença dès 1867 à construire des bateaux à vapeur et des machines pour bateaux. Presque tous les vapeurs encore en circulation aujourd'hui sur les lacs de Suisse sont munis des machines compound à deux cylindres en position oblique de fabrication Sulzer (20).

Le spectacle des bielles et des vilebrequins qui tournoient dans la cale du bateau est toujours une attraction pour les voyageurs (69). On peut admirer au Technorama de Winterthour plusieurs machines à vapeur Sulzer, notamment une machine à soupapes en position couchée (15, 16) et une machine motrice de bateau qui est verticale (19).

En 1871, *Charles Brown* fonda la Fabrique suisse de locomotives à Winterthour. On y construisit sous sa direction des locomotives à vapeur pour chemin de fer à crémaillère, des trams à vapeur ainsi que des locomotives pour lignes principales et secondaires. Particulièrement célèbre est la petite locomotive à deux axes N° 11 du chemin de

fer du Gothard, qui se trouve aujourd'hui au Musée des transports à Lucerne (45) et qui, en 1881, assurait la liaison postale à travers le tunnel du Gothard dont on venait d'achever la construction mais qui n'était pas encore ouvert à la circulation générale des trains.

Un autre pionnier suisse des chemins de fer mérite d'être mentionné ici: *Niklaus Riggenbach* (1817–1899). Voici ce qu'il écrivait au sujet de lui-même: «A Paris, à la fin des années 30, j'ai assisté au départ du premier train de chemin de fer. Mon impression fut si forte que je me promis de me consacrer plus tard à la fabrication de matériel de chemin de fer et, en particulier, de locomotives.» Riggenbach acquit une célébrité mondiale en construisant en 1871 le premier chemin de fer de montagne d'Europe: le chemin de fer du Rigi. La locomotive à crémaillère de Riggenbach avec sa chaudière en position debout, à laquelle a été consacré l'an passé un timbre suisse de 80 centimes, se trouve également au Musée des transports à Lucerne. Ainsi, grâce au chemin de fer à crémaillère, la machine à vapeur a pu rendre la montagne accessible aux personnes de tout âge et de toute condition physique (57).

L'âge de la vapeur dans la perspective d'aujourd'hui

En ornant leurs machines à vapeur de colonnes doriques et d'ogives gothiques, les ingénieurs affirmaient leur respect pour le sens des formes et le culte de l'art. Mais ils n'étaient pas les seuls à glorifier ainsi la machine à vapeur. Des poètes, des peintres, des musiciens de sont inspirés dans leur propres créations du puissant mouvement rythmé des bielles et des vilebrequins. Qui peut ne pas se sentir entraîné en écoutant le poème symphonique d'Arthur Honegger «Pacific 231», où l'on croit entendre la légendaire locomotive transcontinentale respirer profondément, puis s'élaner à toute vapeur tandis que les pistons vibrent à un rythme accéléré jusqu'à ce que le train semble disparaître vers un horizon imaginaire dans un «staccato» devenu enfin régulier? Toutefois ne l'oublions pas: les cheminées fumantes, naguère symboles d'une économie prospère, heurtent de nos jours notre conscience de l'environnement. C'est pourquoi la machine à vapeur à pistons a dû céder le pas. Que nous restions indifférents ou que nous le regrettions, l'époque héroïque des bielles oscillantes, de la cinématique des volants de fonte, de l'indéfinissable odeur de fumée de charbon et d'huile chaude, est à jamais révolue!

Pour notre joie quelques témoins subsistent de cet âge d'or de la machine à vapeur. Des musées techniques, des associations d'amis du passé, déploient tous leurs efforts afin que soient sauvegardés pour la postérité quelques spécimens typiques de cette longue période de notre évolution et de notre capacité créatrices.

Puissent les clichés reproduits ici inciter à la visite du Technorama de la Suisse à Winterthour ou du Musée suisse des transports à Lucerne. Ceux qui s'en accordent le loisir ne peuvent manquer d'y découvrir maints joyaux d'un temps qui, hélas! ne reviendra pas.